



جمعية المهندسين الملكية المصرية

تأسست في ٣ ديسمبر سنة ١٩٢٠

ومعتمدة بمرسوم ملكي بتاريخ ١١ ديسمبر سنة ١٩٢٢

الانشاءات الكبيرة

من الخرصان المسلح

للدكتور سبر عبد الواحد

أقيمت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

في ٢٧ أبريل سنة ١٩٣٣

طبعة مصر: شركة مناهضة مضرة

١٩٣٣

ESEN-CPS-BK-0000000308-ESE

00426377



جمعية المهندسين الملكية المصرية

تأسست في ٣ ديسمبر سنة ١٩٢٠

ومعتمدة بمرسوم ملكي بتاريخ ١١ ديسمبر سنة ١٩٢٢

الانشاءات الكبيرة

من الخرصان المسلح

للدكتور سيد عبد الواهر

اللقبت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

في ٢٧ ابريل سنة ١٩٣٣

مطبعة مصر - شركة سامة مصرية

١٩٣٣

الانشاءآت الكبيرة من الخرسان المسلح

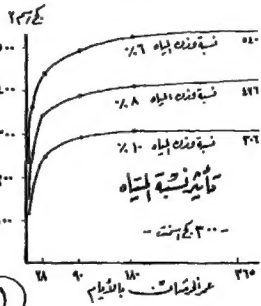
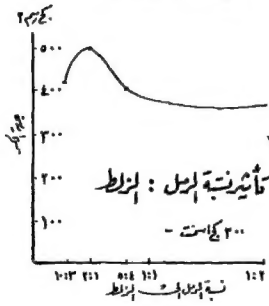
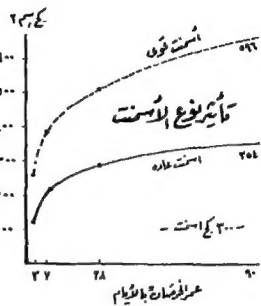
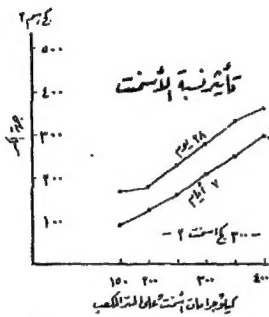
زاد متوسط تكاليف الانشاءآت الخرسانية التي شيدت في مصر في السنين الأخيرة على ثلاثة ملايين جنيه سنوياً وفي هذا ما يبعث على زيادة الاهتمام فنياً بالخرسان لتحسين إنشاءآتنا والحصول على الفائدة الاقتصادية التي تنتج من استيفاء دراسة المشروعات والاسترشاد بالطرق المتبعة في الخارج

وفي موضوع الانشاءآت الخرسانية مجال متسع للتحسين والتوفير لأن الخرسان مادة تتغير خواصها بدرجة كبيرة حسب طريقة عملها فينما يبلغ جهد الكسر في الخرسان العادي ٢٠٠ كج / سم^٢ امكن زيادة هذه القيمة إلى ٨٠٠ كج / سم^٢ في بلجيكا بدون تسليح وإلى ٤٠٠٠ كج / سم^٢ في السويد بالتسليح . هذا من جهة المادة أما من جهة التصميم فان اختيار الشكل المناسب وحسن توزيع القوى على أجزاء الانشاء يؤدي إلى توفير كبير فثلاً يمكن إتقاص عزم الانحناء في وسط كمر إلى ثلث قيمته بتثبيت الطرفين

وفي بلاطة محملة على أربعة أطراف إلى النصف بنفس الطريقة
ويمكن التخلص من عزم الانحناء في المقود يجعل محورها
مطابقاً لخط الضغط الناشئ من وزنها

وقد زادت الثقة بالخرسان بظهور الأسمت القوي
وتحسن طرق التنفيذ فأدى ذلك إلى تصميم إنشاءات
أكبر وابتكار أنواع جديدة منها وهي موضوع بحثنا اليوم .
ويحذر بي قبل التكلم عن الانشاءات أن أسرد بعض
معلومات أساسية عن متانة الخرسان وتأثير العوامل المختلفة
عليها ويتبين من المنحنيات (شكل ١٠) أن المتانة تزداد حسب
تحسن نوع الأسمت وزيادة نسبته وقلة نسبة المياه وحسن
اختيار نسبة الرمل إلى الزلط هذا علاوة على ما هو معروف
من ازدياد قوة الخرسان مع قدمه .

وقد وضع معمل اختبار المواد في زيورخ قانوناً يجمع
هذه العوامل ويعطى متانة الخرسان وهو عبارة عن قانون
« فيريه » معدلاً حسب التجارب الميدانية التي أجريت في
المعمل المذكور .



(١)

$$م = ك (\frac{س}{ط - ١})^2 \frac{٣/٢٥ \cdot ١}{٣/٢٥ + ب}$$

م = متانة الخرسان بالكيلو جرام على السنتيمتر
المربع

ك = معامل نوع الأسمنت

س = حجم الأسمنت في المتر المكعب

ط = حجم مخلوط الرمل والزلط في المتر المكعب

ن = عمر الخرسان بالأيام

١، ٢ = عددين ثابتين قيمتهما حوالي ٥ ر ٦، ٤؛

ومن هذا القانون يتضح أن قوة الخرسان تنقص
بسرعة إذا زادت قيمة (١ - ط) وهي تشمل الماء والفراغ
ويتوقف الأخير على نسب وأحجام الرمل والزلط

ويمكن الوصول إلى جهد كبير يساوى ٨٠٠ كج/سم^٢
باختيار نسب ملائمة من الرمل والزلط وباستعمال ٤٥٠ كج
من الأسمنت القوى للمتر المكعب وكبس المزيج جيداً مع
الاستعانة على تقليل الفراغ بهزات ميكانيكية

ويعمل حساب التسليح الطولى فى متانة الخرسان بتعويضه بمساحة من الخرسان تساوى ١٥ مرة مساحة الصلب وحساب التطويق بإضافة ٥ مرة من حجم الأطواق كما يتضح من القانون التالى المبني على تجارب أجريت فى « قينا » واتخذناه أساسا لحساب جهد الامن للخرسانة المطوقة فى مواصفات السكة الحديد الأخيرة :

$$م . (١ + ١٥ ص + \frac{٤٥}{س})$$

م = متانة الخرسان الغير مطوق

ص = مساحة التسليح الطولى

ح = حجم الطوق

س = المسافة بين الأطواق

تتركب الانشاءات من أعضاء مرتبطة ببعضها تنحصر أنواعها فى العמוד والكمره والعقد والبلاطة والقبة ويمكن حساب أكبر حجم ممكن لهذه الأنواع بسهولة بعد ادخال التصميمات الآتية :

الكثافة الاستاتيكية « ث » : وهى عبارة عن كتلة منشور طوله متر ومساحة قاعدته كافية لتحمل طن واحد.

وقيمتها : — فى الخرسان غير المسلح « ث » = ٢٧ ر كج

بفرض وزنه النوعى ٢٢ وجهد الامن

٨٠ كج / سم^٢

وفى الخرسان المطوق « ث » = ١٤ ر كج

بفرض وزنه النوعى ٢٥ وجهد الامن

١٨٠ كج / سم^٢

وفى الصلب « ث » ٧٨ ر كج

بفرض وزنه النوعى ٧٨ وجهد الامن

١٠٠٠ كج / سم^٢

ويمكن تحسين الخرسان وزيادة التسليح والأطواق

فتقل كثافته الاستاتيكية إلى ما يوازي قيمتها فى الصلب.

أو أقل

الطاقة « ط » : وهى عبارة عن الجهد الذى يتحمله

الانشاء زيادة على الجهد الناشئ من ثقله وتختلف حسب

مادة الانشاء وشكله فهي في الكمرات أقل منها في العقود للاستفادة من المقاومة الأفقية للأساس في تقليل عزم الانحناء وقد حسب «لوسير» النهايات العظمى لفتحات العقود والكمرات بفرض ان ارتفاعها خمس فتحته بالطريقة الآتية:

إذا ضاعفنا مقاسات انشاء مع حفظ نسبة الحمل المفيد إلى الثقل فإن الجهود تتضاعف بنفس النسبة فن ذلك يتضح ان الجهد الناتج من ثقل الانشاء يتناسب مع طوله ل وبذلك تكون الطاقة « ط » :

$$ط = م - ك . ل$$

$$م = \text{متانة المادة جهد الامن بالطن} / م^2$$

$$ك = \text{معامل يتغير حسب شكل ومادة الانشاء}$$

$$\text{وفي الكمرات الخرسانية : } ط = ١٨٠٠ - ٢ر٤ ل$$

$$\text{وفي الكمرات الصلب : } ط = ١٠٠٠٠ - ١ر٤١ ل$$

$$\text{وفي العقود الخرسانية : } ط = ١٨٠٠ - ١ر٩ ل$$

$$\text{وفي العقود الصلب : } ط = ١٠٠٠٠ - ٦ر٣ ل$$

ويمكن حساب نهاية الفتحة بفرض طاقة الانشاء صفر
 أى انه لا يتحمل الا ثقله والتعويض في المعادلات السابقة
 فتكون النتيجة .

أكبر فتحة ممكنة لككرة من الخرسان ٤٣٠ مترا

» » » » من الصلب ٧١٠

» » » » لعقد من الخرسان ٩٥٠

» » » » الصلب ١٦٠٠

يجانب البحث الفنى عن النهاية العظمى للفتحات يحسن
 ايراد بحث اقتصادى عن أكبر فتحة اقتصادية من مادة معينة
 وتتوقف قيمتها على أثمان المواد المختلفة فى مكان الانشاء فاذا
 اتخذنا متوسط الأثمان فى مصر أساماً وفرضنا ان ثمن المتر
 المكعب من الخرسان المطوق ٩ جنيهات مصرية

وثن الطن من الصلب المشغول ٢٥ جنيها مصريا

يكون ثمن المنشور الذى اتخذناه وحدة للكثافة
 الاستاتيكية « ن » .

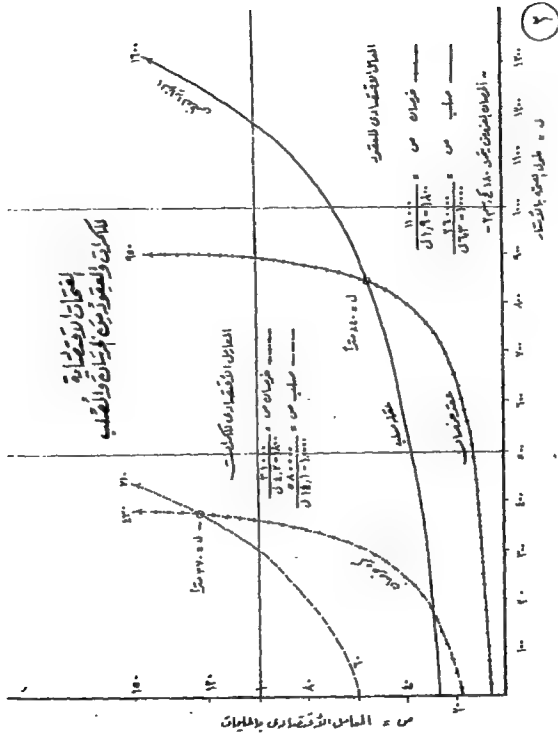
ن = ٥ مليات للخرصان

ن = ٢٠ مليا للصلب

ومن هذين الرقين يتضح ان ثمن عامود من الخرصان يعادل ربع ثمن عامود من الصلب لنفس الطول والحمل ويمكن مقارنة القيم الاقتصادية « ص » للكمرات والعقود من المادتين بحساب ثمن المتر الطولى بالجنيهات لانشاء مساحة عضو الضغط الأساسى فيه متر مربع واحد وقسمته على الطاقة « ط » فتكون النتيجة : —

$$\begin{aligned} \frac{31}{1800 - 142} &= \text{كمرة خرصانة : ص} \\ \frac{585}{10000 - 1421} &= \text{كمرة صلب : ص} \\ \frac{11}{1800 - 1421} &= \text{عقد خرصان : ص} \\ \frac{260}{10000 - 1421} &= \text{عقد صلب : ص} \end{aligned}$$

والمنحنيات شكل — ٢ — تبين العلاقة بين الطول والقيمة الاقتصادية ومنها يتضح ان الكمرات الخرصانية أوفر من الصلب لغاية طول ٣٧٠ مترا وان العقود الخرصانية أوفر من الصلب لغاية ٥٠ مترا



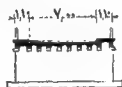
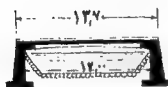
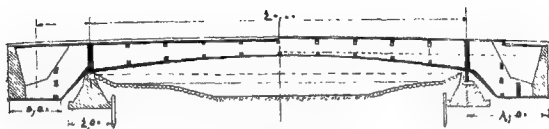
الكمرات الكبيرة

الكمرات المسطحة

الكمرة إنشاء تنتقل أحماله الى الأساس بقوى رأسية فقط وتبلغ قيمة عزم الانحناء في وسط العتب المرتكز الطرفين $\frac{1}{4}$ الحمل المركز \times الطول $\frac{8}{16}$ الحمل الموزع \times الطول ويستعين المصمم على أتقاص هذه القيم في الفتحات المنسغة بخلق عزم انحناء سالب عند نقطة الارتكاز وتبين الأشكال الآتية طرق مختلفة لتحقيق ذلك

في شكل (١٣) وضع حمل خلف الأكتاف وهذا يعطى عزماً سالباً مساوياً للحمل \times النراع ويمكن زيادته الى درجة كبيرة فينتقص عزم الانحناء في الوسط وبذلك يقل ارتفاع الكمرة ويمكن عملها بشكل مقوس .

وفي شكل (٣ ب) يولد ربط كمرات الكوبرى بالأكتاف عزماً سالباً ويعمل الانشاء جميعه كأنه إطار متصل وليس كمرة واستعملت هذه الطريقة في كوبريين



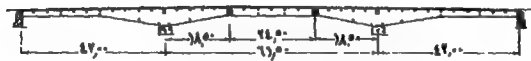
على ترعة الصفصافة بالمنا سعة كل منها ١٢ متراً وقيمة عزم الانحناء في الوسط نحو ثلث العزم اذا كانت الكمرات مستقلة ومرتكزة الطرفين .

وفي شكل (٤ ب) يجري انقاص عزم الانحناء في الوسط بعمل الكمرة مستمرة ووصلها بالفتحتين الجانبيتين وقد أمكن بهذه الطريقة الوصول الى فتحة سعتها ٦١ر٥ متراً بارتفاع ٢٧٠ متر في الوسط في كوبرى «جروسميرنج» على نهر «الدانوب»

وقد استعملنا الكمرات المستمرة ذات المفصلات في المر العلوى بالزقازيق شكل (٤ ح) وطوله ١٠١ متر على خمس فتحات .

ووضع الأستاذ «مورش» نصيباً لكوبرى «بال» على الرين فيه كمرات مسطحة سعتها ١٠٦ متر ويصح اعتبار هذا الرقم قريباً من الحد الأعلى لفتحات هذا النوع من الكمرات .

الكمرات الشبكية : لعمل فتحات أكبر من ٥٠ متراً



2



تصبح الكمرات السمطة ثقيلة فيلجأ المهندس الى الكمرات الشبكية الخرصانية وهى تشابه فى شكلها وطريقة حسابها الكمرات الحديدية المعروفة .

ومن أكبر الكمرات الشبكية الخرصانية كوبرى «لافايت» فى باريس ويحمل طريقاً عرضه ٢٠ متراً وله كمرتان رئيسيتان (شكل ٥) طول كل منهما ١٤٠ متر وهما مستمرتان على فتحتين سعة كل ٧٠ متراً ويبلغ ارتفاع الكمرة ١٠ أمتار (ارتفاع ثابت مراعاة للشكل) ويبين شكل ٦ طريقة ربط تسليح الأعضاء المشدودة فى الشفة السفلية للكوبرى ويساعد الشكل المنحنى لأطراف الأسياخ وتداخلها فى بعضها على توزيع قوى الشد الكبيرة فى مثل هذه الحال .

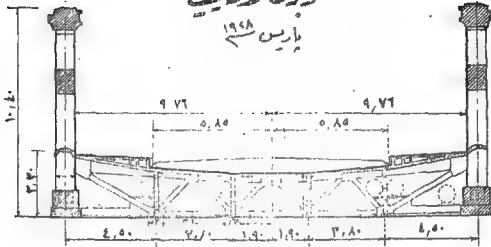
وفى (شكل ٧) كوبرى على نهر السين للمارة والمواسير والأسلاك وتبلغ سعة فتحته الوسطى ١٥٣ متراً (أطول فتحة فى العالم) وسعة الفتحتين الجانبيتين ٤٩ متراً و ٣٤ متراً وقد جعل شكل الكمرة مطابقاً لشكل عزم الانحناء — ويبلغ



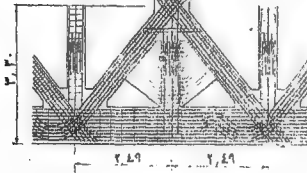
(شکل ۰)

كوبرى لوفائيت

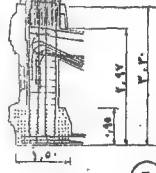
باريس ١٩٢٨



تقاطع الكمر
الرئيسية



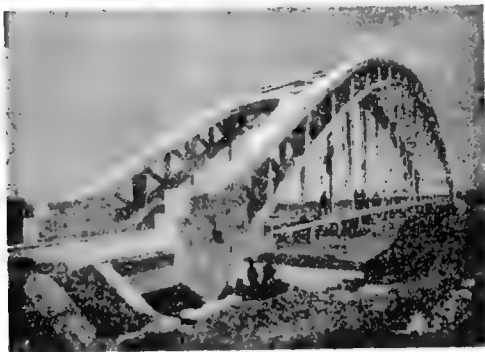
قطاع الكمر
الرئيسية



٦



(شکل ۷)



(شکل ۸)

ارتفاعها ٩ أمتار في الوسط وأقصاه ٢٤ متراً عند البفتلين
ويوجد نوع شائع من الكبارى مكون من عقود وطبليّة
سفلية (ويصحّ تسميتها كمرات حسب التعريف لأن القوى
التي تنتقل إلى الأساس رأسية) ويستعمل للأحمال الخفيفة
القليلة التردد في حالة قرب منسوب الطريق من سطح الماء
وصعوبة التأسيس في وسط المجرى .

ومن أكبر الانشاءات التي من هذا النوع كوبرى
في تونس فتحته ٩٢ متراً (شكل ٨) ويمتاز بمخفة المقد المفرغ
بشكل شبكي

وقد استعملت مصلحة الطرق والكبارى هذا الطراز
في كوبرى الشراوية .

العقود الكبيرة

المقد إنشاء تنتقل أحماله إلى الأرض بقوى مائلة أي
أنه يستفيد من ضغط الأساس أفقياً عليه لانتقاص عزوم
الانحناء والأصل في المقود أن تكون خالية من العزوم
الناشئة من ثقلها .

وتزداد الجهود في العقود كلما قلت نسبة مساهمة إلى طولها وتقاس الشجاعة الفنية للعقد بالمعامل $ل^{\frac{1}{2}}$ م أى مربع الطول على السهم ولم يتجاوز هذا المعامل ١٠٠٠ بعد إلا في واحد من الانشاءات التي تمت لغاية الآن

وقيمته في كوبرى « التير » في روما :

$$ل^{\frac{1}{2}} م = ١٠^{\frac{1}{2}} ١٠٠ = ١٠٠٠$$

وفي أكبر كبرى العالم بقرب برست (بلوجاستل)

$$ل^{\frac{1}{2}} م = ٢٧^{\frac{1}{2}} ١٨٠ = ١٢٠٠$$

والعقود هي الانشاءات التي يمكن بها تغطية فتحات من الدرجة الأولى في الطول لا مكان الحصول على توزيع حسن للجهود في أجزائها وتنافسها في الانشاءات الصلب الكبارى المعلقة لسهولة تنفيذها بدون عبوات والاستغناء عن القطاعات الكبيرة المضغوطة وأكبرها لغاية الآن الكوبرى المعلق على نهر « المدهسن » وسعة فتحته ١٠٦٦ متر

ولقطاعات العقود أشكال مختلفة ففي الصغيرة يحسن

استعمال المستطيل المسط للسهولة وفي الكبيرة المستطيل
المفرغ بشكل صندوق ويمكن عمل العقود بشكل شبكي
ولكنها أكثر تعقيداً من المفرغة ولا تمتاز عنها في شيء.

ويجدر بنا سرد بعض تفصيلات عن كوبري
« بلوجاستل » (شكل ٩) وهو من تصميم « فريسينييه »
ويتكون من ثلاث فتحات متساوية مسعة كل ١٨٠ م وسهماها
٣٦ متراً .

وقطاع العقد عبارة عن مستطيل مفرغ ارتفاعه في
المنطقة المتوسطة ٥ أمتار وعرضه ٥٩ أمتار وخصص الفراغ
المتوسط لسير السكة الحديدية والسطح العلوي للطريق .

وقد جعلت الفتحات الثلاث متساوية لتمكن استعمال
عبوة واحدة للجميع إذ انشئت هذه على البر وعمدت على
أصندين إلى مكانها في الفتحة الأولى (شكل ١٠) حيث
ثبتت ثم نقلت إلى الفتحة التي تليها وهكذا .

وتبلغ أقصى قيمة لجهد الضغط في هذا الكوبري
٧٥ كج / سم^٢ فقط وقد شجع ذلك مصممه « فريسينييه »



(شکل ۹)



(شکل ۱۰)

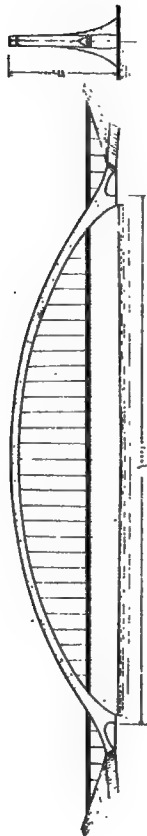
على وضع مشروع لعقد مفرغ من الخرسان فتحته ١٠٠٠ متر
وسمحه ١٧٠ متراً شكل - ١١ - وهذا يوازي أكبر فتحة
تحققت للكبارى المعلقة على كوبرى نهر «الهدسن» وطولها
١٠٦٦ متر

وقد رت أقصى قيمة لجهد الضغط فى هذا العقد ٢٨٠
كيج / سم^٢ بفرض ارتفاع قطاعه ١٦ متراً فى الوسط و
٤٠ متراً عند الكتفين تكاليفه بأقل من نصف تكاليف
كوبرى «الهدسن» وهذا يزيد على تقديرنا فى المنحنيات
(شكل ٢) لأنه فرض استعمال خرسان أقوى .

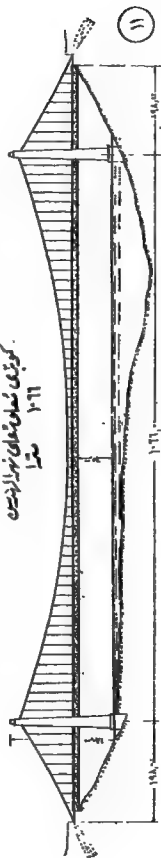
ولا يفوتنى قبل ترك موضوع العقود أن أشير إلى
كثرة الصعوبات التى يلاقها المهندس فى عمل العبوات
الكبيرة (شكل ١٢) وتعاذل تكاليفها فى بعض الأحوال
تكاليف العقد نفسه مما أدى إلى استعمال شدات من الصلب
ترك فى داخل العقد بصفة تسليح وتمرف هذه الطريقة
باسم مبتكرها «ميلان»

ويتحایل المصمم على تخفيف تكاليف العبوات فى العقود

شروع عقد خضریان



کوئی نمای نمای نوازالدین





(نکر ۱۲)

البنية يبناء الحلقة السفلية على الشدة واستعمالها للمساعدة في حمل بقية العقد وقد استعمل «مايار» في كوبري «اللورين» عند برن طريقة جديدة لتخفيف الحمل على الشدة يبناء الحلقة المتوسطة من العقد أولاً ثم مد البناء في الغرض من الجهتين فتساعد الحلقة الوسطى في حملة (شكل ١٣) ويخف الثقل على الشدة فتقل تكاليفها بدرجة كبيرة

القباب

القباب الدائرية معروفة من زمن طويل (ويشاهد في صعيد مصر قباب طينية تكون أسقف المنازل) والقباب المبنية من الحجر المنحوت شائعة الاستعمال في الجوامع والمباني الأثرية وكانت أمما كها كبيرة حتى ظهور الخرسان المسلح الذي تبعه تخفيف القباب بدرجة كبيرة واستمر التقدم يبطيء في تقليل أسماك القباب حتى سنة ١٩٢٢ إذ وضع الدكتور «باورس فيلد» طريقة القباب الخفيفة (وتسمى طريقة زيس) وتتلخص في شد شبكة من الصلب محكمة المقاسات ذات عيون مثلثة بواسطة سقالات متحركة وفرش الأسياخ الرفيعة



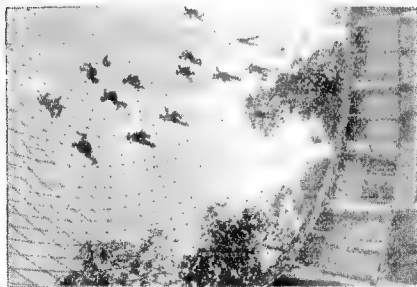
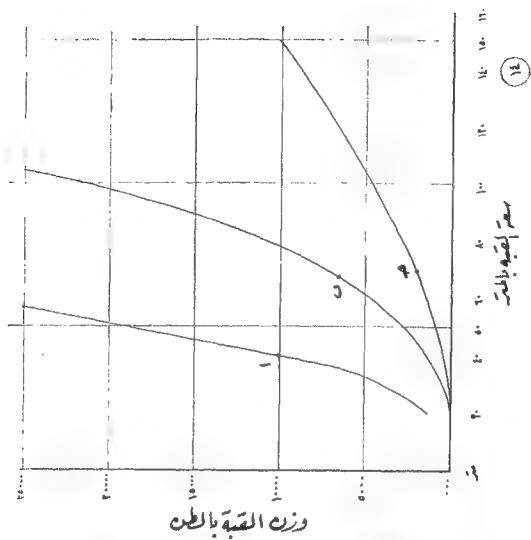
(شکل ۱۳)

عليها ثم صب الخرسان من الخارج على بطانة معلقة في الشبكة من الداخل (شكل ١٥) وقد أمكن بهذه الطريقة انشاء قباب متسعة لا يتجاوز سمكها بضعة سنتيمترات .

ويبين (شكل ١٤) التقدم الذي طرأ على أوزان القباب بظهور الأمتنت المسلح واستعمال طريقة القباب الخفيفة فاذا حسبنا ثقل قبة من الحجر لفتحة قدرها ٤٠ متراً نجد أنه يبلغ ١٠٠٠٠ طن حسب المنحنى — أ — ينقص الى ١٥٠٠ طن من الخرسانة المسلحة حسب المنحنى — ب — ولا يتجاوز وزن قبة بهذه السعة ٣٥٠ طن حسب المنحنى — ج — .

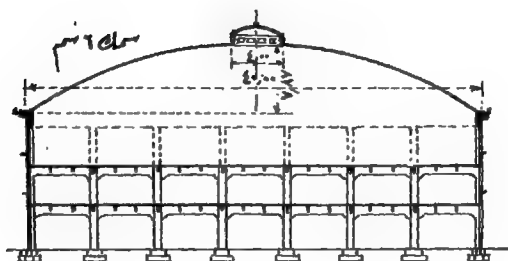
ويبين شكل — ١٦ — إحدى القباب الكبيرة التي عملت في ألمانيا بطريقة « زيس » ويبلغ قطرها ٤٠ متراً وسههما أقل من ٨ أمتار وممكها ٦ سنتيمترات .

وقد وضع « دشنجر » مشروعاً لقبة كروية سمعتها ١٥٠ متر وارتفاعها ٣٤ متراً مكونة من قشرتين ووزنها ٤٠٠ كج للتر المربع يساعدها سقف المباني التي حولها على تحمل



(شكل ١٥)

قبه کرویّه فی مینا - نفقہ بطریقہ زائیس



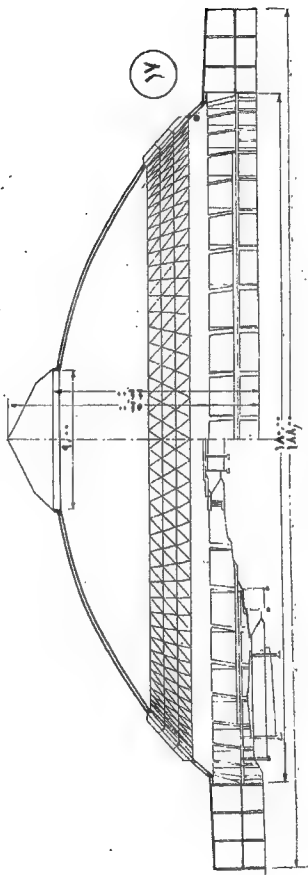
الشد في الحلقة السفلية ولا يتجاوز الضغط فيها ٢٠ كيج / سم^٢ (شكل ١٧)

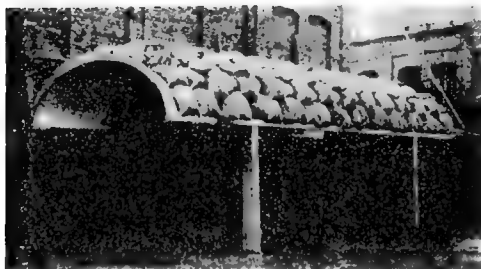
توجد غير القباب السكروية قباب مضلعة تتكون من جملة سطوح اسطوانية متصلة بضلع عند أركان التقاطع وقد عرف هذا النوع بعد تجربة «بيرخ» التي أخرجتها شركة «ديكرهوف» في سنة ١٩٢٥ (شكل ١٨) وهي عبارة عن تحميل سطح اسطوانى مربوط الطرفين مركّز على أربع أعمدة بشكل كمر وتبلغ فتحة القوس ٤ أمتار وطوله ٦ أمتار وقد عملت القشرة الأسطوانية من الخرسان بتخانة ١٥ سم سلحت بأسلاك قطر ٣ مم كل ٨ سنتيمترات وقد تحملت هذه القشرة الأسطوانية ٥٠٠ كيج / م^٢

يمكن قطع السطح الاسطوانى بمستويين مائلين على محوره فنحصل على جزء من قبة مضلعة تستعمل في حساباتها نفس الطريقة التي تستعمل لحساب القشرة الاسطوانية وتعد هذه الفكرة من أكبر الخطوات التي قطعها الفن في سبيل تقدم القباب الخفيفة

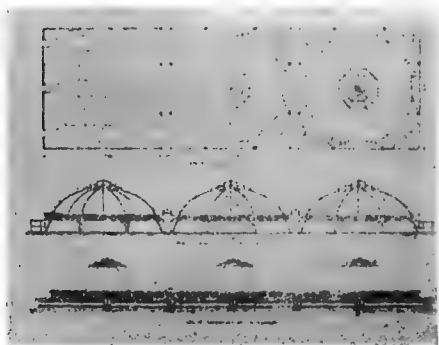
سَرُوعِ قَبْه كَرُوبَه

تَلَد ۱۵۰ مَدَا





(شکل ۱۸)



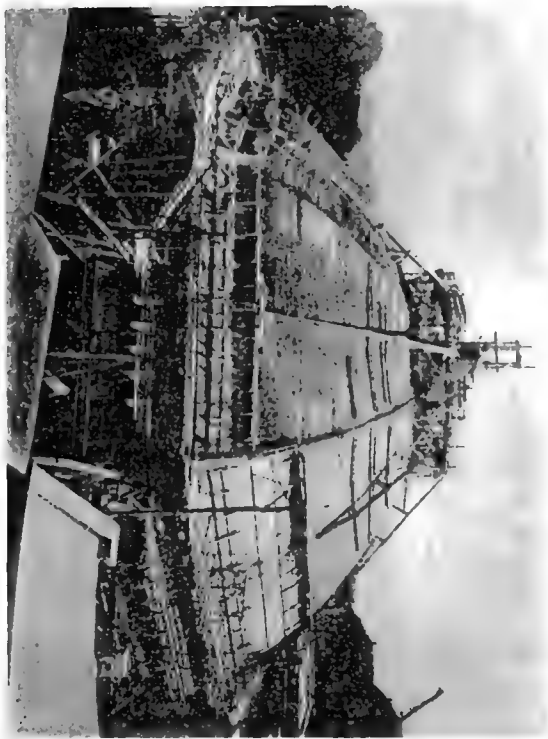
(شکل ۱۹)

والقباب المضلعة التي تعمل بالشكل المذكور مسجلة باسم شركة «ديكرهوف» التي تمكنت من عمل قباب كبيرة في أنحاء مختلفة من أوروبا وتبلغ سعة أكبرها ٧٥ متر وقد أنشئت ثلاث قباب بهذا الحجم في «ليزج» سنة ١٩٢٨ لتغطية مساحات حوالى ٦٠٠٠ متر مربع بدون أعمدة (شكل ١٩) ويمكننى ذكر بعض تفاصيل عملية عن قبة أخرى من هذا النوع اشتركت في تنفيذها في صيف سنة ١٩٢٩ في «بال»

شكل القبة مثنى وسعتها ٦٠ متراً وارتفاعها ٢٧ متراً .
وسمكها ٨ سم عملت العبوة على قوائم بارتفاع أقصاه ٣٣ متراً فوق سطح الأرض (شكل ٢٠) في نفس الوقت الذي اقيمت فيه الأعمدة والكمرات المحيطة ووضعت رافعة في محور القبة لرفع الخرسان السائل إلى قمتها ومنها ينحدر في قنوات مفتوحة إلى نقط الصب فتقلب وتوضع بين القشرة الداخلية وطبالي خارجية بارتفاع ١٢٠ متر كررنا هذه العملية (شكل ٢١) لصب عدة حلقات أفقية حول المحيط تمكناً بعدها من الصب بدون



(۱۷)



(115)

الطباالى الخارجية لنقص ميل الجزء العلوى من القبة وقد ازدادت مرعة الصب بهذه الطريقة بحيث أمكن عمل التسليح وصب جميع القبة فى ستة أسابيع رغم ارتفاع الانشاء وكثرة أيام المطر التى كنا نوقف الصب المكشوف أثناءها بعد أربعة أسابيع دليت الشدة بنشر الأطراف السفلية للقوائم بالتدريج بحيث يضعف قطاعها وتتداخل الياف الخشب فتحمل القبة نفسها بالتدريج واستمرت هذه العملية نحو ثلاث ساعات .

حاولنا قياس هبوط القبة فى تقط مختلفة اثناء رفع الشدة فظهر أنها ارتفعت وعللنا ذلك بتمدد القبة لطلوع الشمس وازدياد درجة حرارتها اثناء الثلاث ساعات المذكورة لأننا لاحظنا أن إرتفاعها كان بشكل غير متماثل إذ تحدثت إلى جهة واحدة وهى جهة حرارة الشمس .

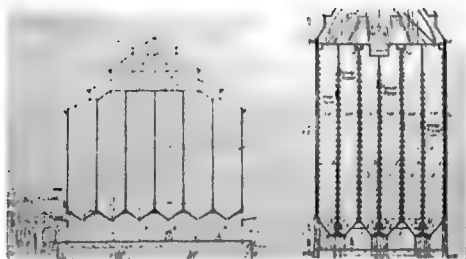
ولا يزال الدكتور « دشنجر » ينتكر أشكالاً جديدة للسطوح الفراغية وقد نجحت أخيراً تجربته التى أجراها فى العام الماضى على سطح مزدوج الانحناء ومربع القاعدة إذ

تحمّل القبة وسعتها 7.30×7.30 أمتار وسمكها ١٥ سم
في الوسط و ٢٥ سم عند الأطراف حملا قدره ٣٠٠ كج /
م^٢ وينتظر أن يكون لهذه التجربة شأن في تقدم القباب
الخفيفة في المستقبل القريب.

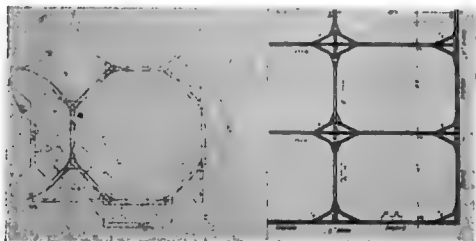
الصوامع

الصومعة وعاء لحفظ كميات كبيرة من المواد اليابسة
كالغلال لخزنها وتوزيعها بسهولة . وما زالت تصنع أوعية
كبيرة من الطين لهذا الغرض في مصر

وقد تغلب الخرصان المسلح على جميع المواد الأخرى
مثل الخشب والطوب والصلب لأسباب كثيرة أهمها
مقاومة الحريق وعدم الاحتياج إلى الصيانة وصغر المكان
الذي تستلزمه وهو أكثر وقاية للغلال من الرطوبة والحشرات
ويبين شكل (٢٢) قطاعين في صومعتين حديثتين وتمتاز
الصومعة التي على يمين الشكل بطريقة التهوية المستمرة التي
تساعد على عدم التعفن وتتلخص هذه الطريقة في ضغط



(شکل ۲۲)

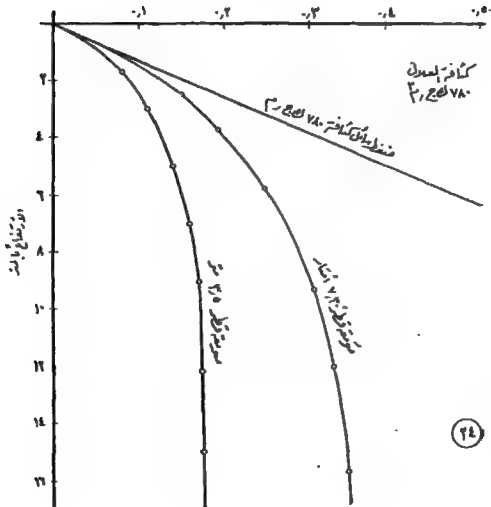


(شکل ۲۳)

هواء في عيون التهوية الرأسية يتخلل الغلال بطريق
القنوات الأفقية في حائط الصومعة ويخرج من القنوات في
الحائط المقابل

وتعمل عيون الصوامع دائرية لحسن توزيع القوى.
إذ أنها تكون خالية من العزوم ولا تتعرض إلا لقوى الشد
أو مضغمة لاستثمار المكان بنسبة أكبر شكل
— ٢٣ — وقد أمكن تطبيق نظريات ضغط التراب على
الضغوط في الصوامع بعد الاستعانة بتجارب كثيرة وبين
شكل — ٢٤ — العلاقة بين ارتفاع الصومعة وضغط الغلال
على جوانبها والمنحنى مأخوذ من تجارب لصومعتين قطرها
٧ أمتار و ٣ أمتار وكانت كثافة الغلال ٧٨٠ كج/م^٣
زاوية ميلها الطبيعي ٢٠°. ويرى من المنحنى ان الضغط
الجانبى يزداد مع العمق بسرعة أولاً ثم يبطىء ويكون ثابتاً
تقريباً في الأعماق الكبيرة أى إذا وصل العمق ه أضعاف القطر.
ويعزى الفرق بين منحنى الضغط في الصومعتين الواسعة

الضغط على هوائ الصوامع الضغط للهج / سم ٢



والضيق إلى زيادة تأثير الاحتكاك بالحوائط الجانبية في الأخيرة
وتبلغ نسبة الضغط على القاعدة الى الضغط الجانبي نحو
٢٥ر للاعمق القليلة و ١٥ر للاعمق الكبيرة
ومن السهل تطبيق نظريات الانشاءآت على حساب
الصوامع بعد إيجاد مقدار الضغط على جوانبها وقاعدتها .

م . عصر ۲۲۹۱/۱۰۰۰/۱۹۳۳
